

На правах рукописи

Справцева Екатерина Викторовна

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ
ХИМИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
НА ЮГО-ЗАПАДЕ РОССИИ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО-
ГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ**

Специальность 06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Брянск – 2020

Работа выполнена на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный аграрный университет»

**Научный
руководитель**

Шаповалов Виктор Федорович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии ФБГОУ ВО Брянский ГАУ

**Официальные
оппоненты:**

Прудников Петр Витальевич
доктор сельскохозяйственных наук,
директор ФГБУ Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский»

Конончук Вадим Витальевич
доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», лаборатория разработки сортовых технологий возделывания зернобобовых культур, и.о. зав. лабораторией

**Ведущая
организация**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»

Защита состоится «__» _____ 2020 года в «__» часов на заседании диссертационного совета Д 220.005.01 при ФБГОУ ВО «Брянский ГАУ» по адресу: 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2а, корпус 4, конференц-зал.

E-mail: uchsovet@bgsha.com. Тел. факс: +7(48341) 24-7-21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФБГОУ ВО Брянский ГАУ и на сайте организации по адресу <http://www.bgsha.com>.

Автореферат разослан «__» _____ 2020 и размещен на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации: <http://vak2.ed.gov.ru>

**Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор с.-х. наук**

Дьяченко
Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Одним из важнейших условий решения проблемы продовольственной безопасности населения России является стабильно устойчивое увеличение производства высококачественного зерна, пригодного для производства хлебобулочных и кондитерских изделий. Посевные площади зерновых культур в Российской Федерации ежегодно занимают более половины всех пахотных земель, при этом наиболее высокие валовые сборы зерна составили в 2008 году 106384,9 тыс. т, а в 2015 – 102429,1 тыс. т.

В Центральном Нечерноземье основной зерновой культурой является озимая пшеница, которая по посевным площадям и валовым сборам превосходит другие зерновые культуры. Следует также отметить, что биологический потенциал этой культуры по продуктивности используется менее, чем на одну треть. Поэтому исследования, направленные на разработку новых более эффективных элементов агротехнологий возделывания озимой пшеницы, включая традиционные средства интенсификации, биологически активные препараты и регуляторы роста растений, способствующих повышению продуктивности и качества зерна, особенно в условиях обширного радиоактивного загрязнения территории Юго-запада Центрального региона РФ актуально.

Степень разработанности темы. Повышение продуктивности озимых зерновых культур, включая озимую пшеницу за счет различных направлений биологизации земледелия, включая интродукцию в почву и на растения за счет обработки микробными препаратами и регуляторами роста растений, повышающих биогенность ризосферы и биосферы, рассмотрено в работах многих исследователей (Лобков В.Т., 1999; Завалин, 2005; Беленкова А.И. и др., 2014).

При разработке и внедрении интенсивных технологий возделывания озимой пшеницы особый интерес ученых вызывает изучение различных биопрепаратов комплексного действия (Проворов Н.А., 2009; Петрова С.Н., Парахин Н.В., 2013; Солнцев П.И., 2014; Богомаз Р.А., 2016 и др.).

Немаловажным фактором в условиях радиоактивного загрязнения агроценозов долгоживущими радионуклидами, позволяющим получать экологически безопасную продукцию растениеводства, является применение мелиорантов и минеральных удобрений при наиболее благоприятном соотношении в них элементов питания, где особая роль принадлежит калию (Белоус Н.М. и др., 2016; Бокатуро Н.Н. и др., 2018; Кизюля М.М. и др., 2019).

Цель исследований – оценка эффективности действия минеральных удобрений в комплексе с гуминовым биопрепаратом Гумистим на урожайность и качество зерна озимой пшеницы Московская-39 в условиях радиоактивного загрязнения почвы.

Задачи исследований:

- изучить влияние удобрений и некорневой подкормки гуминовым биопрепаратом Гумистим на особенности формирования урожайности и качество зерна озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве;

- установить влияние минеральных удобрений различной степени насыщенности и биопрепарата Гумистим на изменение параметров структурных показателей, определяющих уровень урожайности озимой пшеницы Московская-39;
- исследовать влияние комплексного применения минеральных удобрений и гуминового биопрепарата на основные физико-химические и технологические показатели зерна озимой пшеницы;
- определить степень влияния применяемых средств химизации на размеры удельной активности ^{137}Cs в урожае зерна озимой пшеницы;
- провести расчет экономической эффективности наиболее оптимальной системы удобрения озимой пшеницы;
- на основании полученных результатов исследований и их производственной проверки рекомендовать сельскохозяйственным руководителям различной формы собственности оптимальную систему удобрения в комплексе с биопрепаратом Гумистим, позволяющую получить наибольшую урожайность озимой пшеницы.

Защищаемые положения:

- характер влияния минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим на формирование урожайности и структурных показателей урожая озимой пшеницы;
- воздействие различных систем удобрений и гуминового биопрепарата на изменение показателей качества зерна озимой пшеницы в условиях радиоактивного загрязнения почвы;
- экономическая эффективность применения удобрений и биопрепарата Гумистим при возделывании озимой пшеницы.

Научная новизна работы. Впервые в условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий юго-запада Брянской области проведено изучение комплексного применения минеральных удобрений различной степени насыщенности и гуминового препарата Гумистим на продуктивность озимой пшеницы Московская-39. Определена роль различных систем удобрения как при отдельном применении, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим в повышении урожайности и физико-химических показателей зерна озимой пшеницы при возделывании на радиоактивно загрязненной почве. В результате проведенных исследований выявлена оптимальная система удобрения в комплексе с биопрепаратом Гумистим, позволяющая повысить урожайность и качество урожая зерна и уменьшить удельную активность ^{137}Cs в товарной продукции.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследований служат основой и дают возможность разработать практические рекомендации для сельхозпроизводителей, обладающих различным уровнем экономических и ресурсно-технологических возможностей осуществлять выбор и практическое применение разработанных технологических приемов возделывания озимой пшеницы, обеспечивающих урожайность зерна на уровне 4,0-5,0 т/га соответствующего санитарно-гигиеническому нормативу по удельной активности в нем ^{137}Cs .

Методология и методы проведения исследований. Методология проведения исследований по теме диссертационной работы базируется на принципах концепции биологизации земледелия на основе оптимизации биологических факторов в технологии выращивания озимой пшеницы на радиоактивно загрязненных территориях. При разработке программы исследований максимально использованы теоретические и экспериментальные материалы отечественных и зарубежных публикаций последнего десятилетия по аспектам биологизации земледелия. Используются общепринятые методы исследований в соответствии с методикой полевого опыта (Б.А. Доспехов, 1985), Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989), Радиологические исследования выполнены в соответствии с «Методическими указаниями по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях» (1985). Статистическую обработку результатов экспериментальных исследований осуществляли методами корреляционно-регрессивного и дисперсионного анализов по Б.А. Доспехову (1985) с использованием пакета Microsoft Office 2010. Расчет экономической эффективности применяемых средств химизации проведен, руководствуясь методикой Всероссийского НИИ экономики сельского хозяйства с использованием разработанных технологических карт.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Исследования выполнены в течение трех лет. Программа исследований рассматривалась и утверждалась на заседаниях Ученого Совета института экономики и агробизнеса Брянского ГАУ. Весь объем исследований выполнен с применением современной системы сельскохозяйственных машин и механизмов. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается статистическими критериями математической обработки большого массива экспериментальных данных методом двухфакторного дисперсионного анализа на принятом в агрохимических исследованиях уровне вероятности.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований докладывались на расширенных заседаниях кафедры агрохимии, почвоведения и экологии в 2016-2019 гг.; на XIII, XIV, XV и XVI Международных научных конференциях «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (Брянск, 2016; Брянск, 2017; Брянск, 2018; Брянск, 2019; Брянск, 2020); на XIX Международной научно-практической конференции «Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков» (Новосибирск, 2017); на Международной научно-практической конференции «Агрохимикаты в XXI веке» (Нижний Новгород, 2017); на Международной научно-практической конференции «Научные стационары: реалии, научная проблематика и инновации» (Томск, 2017); на 51-й Международной научной конференции «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства» (Москва, 2017); на национальной научно-практической конференции «Проблемы экологизации сельского хозяйства и пути их решения» (Брянск, 2017).

Публикация результатов исследования. По итогам диссертационной работы опубликовано 14 статей, из них 3 в изданиях по списку ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Личный вклад автора. Основой диссертационной работы явились результаты собственных исследований автора, выбор методов, разработка программы согласно поставленной цели и задач исследований, закладка полевого эксперимента, проведение наблюдений и учетов, лабораторно-аналитических исследований, анализ и обобщение полученного экспериментального материала, написание и публикация научных статей, оформление диссертационной работы. Личный вклад составляет порядка 94%.

Структура и объем диссертационной работы. Материалы по диссертационной работе изложены на 184 страницах компьютерного текста, включая 14 таблиц, 5 рисунков, 34 приложения. Структурно состоит из введения, пяти глав, заключения, рекомендаций производству. Список литературы включает 312 наименований, из них 20 на иностранных языках.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ НАУЧНОЙ ПРОБЛЕМЫ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АПК РФ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ)

Проведен анализ научных публикаций отечественных и зарубежных авторов по биологическим особенностям, хозяйственному значению зерновых культур и их роли в стабилизации растениеводческой отрасли и земледелия в целом. Показано влияние минеральных удобрений, обозначена важность азотных подкормок и применения биопрепаратов для повышения урожайности и качества зерна озимых зерновых культур и в том числе озимой пшеницы. Источники литературы свидетельствуют, что в условиях радиоактивного загрязнения агрофитоценозов, важнейшим фактором снижения поступления радиоцезия в конечную продукцию возделываемых сельскохозяйственных культур – калийные удобрения в повышенных дозах. При анализе литературных источников установлено, что комплексное применение биологических и традиционных средств интенсификации растениеводства способствует дополнительному интегральному эффекту.

ГЛАВА 2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Методика исследований

Исследования проводили в 2016-2018 гг. на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии в полевом стационарном опыте Новозыбковского филиала Брянского ГАУ. Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая, легкосуглинистая с содержанием органического вещества (по Тюрину) 2,02-2,63%, подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) соответственно 348-412 и 76-112 мг на 1 кг почвы, pH_{KCl} 5,28-5,48. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs – 216-248 кБк/м². Повторность опыта трехкратная, размещение делянок систематическое. Посевная площадь делянки 90 м² (6×15), учетная – 84 м².

Агроклиматические условия

Агроклиматические условия юго-запада Брянской области типичны для региона и благоприятствуют формированию хорошей урожайности озимой пшеницы. Продолжительность периодов с температурой выше 0°C, 5°C, 10°C, 15°C составляет в среднем 235, 190, 145 и 88 дней соответственно. Сумма эффективных температур за период вегетации колеблется в пределах 2200-2420°C. Годовая сумма осадков в среднем составляет от 580 до 625 мм.

За годы проведения исследований погодные условия в весенне-летний период вегетации несколько различались. Температура воздуха в годы исследований была выше среднееголетних значений. За вегетационные периоды 2016-2018 гг. ГТК в отдельные месяцы варьировал от 0,2 до 2,6 (рис. 1).

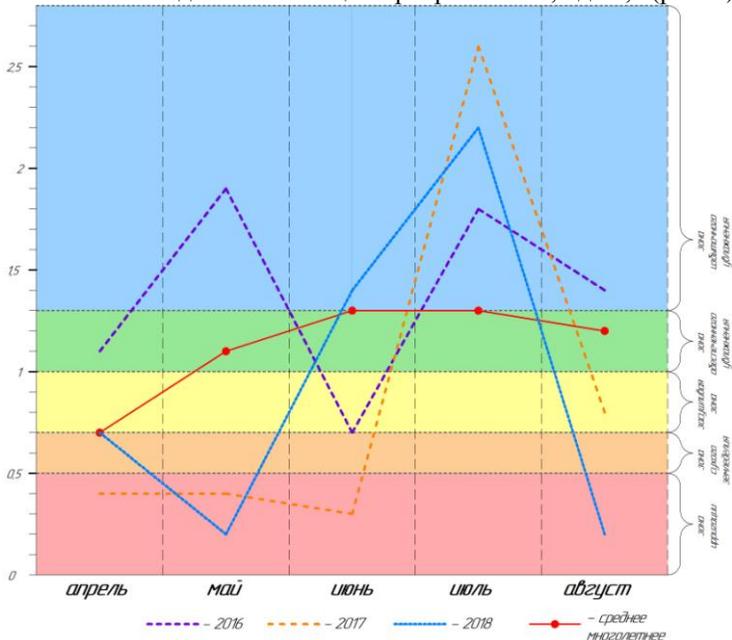


Рисунок 1 – Среднемесячное значение ГТК весенне-летнего периода вегетации за 2016-2018 гг.

Наиболее благоприятными были 2016 и 2018 гг., лишь только в мае 2018 года ГТК был ниже среднееголетнего значения на 0,9, значения ГТК июня и июля составляли 1,4 и 2,2, а в августе восстановилась сухая погода (ГТК – 0,2), что способствовало ускоренному и равномерному созреванию зерна.

Схема опыта

В факториальном опыте по методу расщепленных делянок изучали два фактора: фактор А – фоны удобрений, фактор В – обработка растений пшеницы биопрепаратом Гумистим.

Норма высева – 5,0 млн. всхожих семян на 1 га, способ посева рядовой (ширина междурядий 15 см) сеялкой СЗ-3,6, срок посева – третья декада августа. Биопрепаратом Гумистим посевы обрабатывали весной в фазу кущения из расчета расхода препарата 6 л/га.

Опыт развернут в четырехпольном севообороте со следующим чередованием культур: люпин на зеленый корм – озимая пшеница – ячмень – овес. Схема опыта: 1. контроль (без удобрений); 2. $N_{90}P_{60}$ – фон I; 3. Фон I + K_{60} ; 4. Фон I + K_{90} ; 5. Фон I + K_{120} ; 6. Контроль + Гумистим; 7. Фон I + Гумистим; 8. Фон I + K_{60} + Гумистим; 9. Фон I + K_{90} + Гумистим; 10. Фон I + K_{120} + Гумистим; 11. $N_{120}P_{90}$ – фон II; 12. Фон II + K_{90} ; 13. Фон II + K_{120} ; 14. Фон II + K_{150} ; 15. Фон II + Гумистим; 16. Фон II + K_{90} + Гумистим; 17. Фон II + K_{120} + Гумистим; 18. Фон II + K_{150} + Гумистим. Сорт озимой пшеницы – Московская-39. Минеральные удобрения: аммиачная селитра (34,4% N), суперфосфат двойной гранулированный (48% P_2O_5), калий хлористый (56-60% K_2O) вносили вручную вразброс. Всю расчетную дозу фосфорных удобрений вносили в предпосевную обработку почвы. Азотные и калийные удобрения применяли дробно: $N_{90}K_{60} \rightarrow N_{30}K_{30}$ до посева с осени + $N_{30}K_{30}$ – весеннее возобновление вегетации + N_{30} – выход в трубку; $N_{90}K_{120} \rightarrow N_{30}K_{30}$ до посева с осени + $N_{30}K_{60}$ – весеннее возобновление вегетации + $N_{30}K_{30}$ – выход в трубку; $N_{120}K_{150} \rightarrow N_{30}K_{30}$ до посева осенью + $N_{60}K_{90}$ – весеннее возобновление вегетации + $N_{30}K_{30}$ – выход в трубку.

Фенологические наблюдения в полевом опыте за растениями озимой пшеницы в годы исследований проводили, руководствуясь методиками Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989 г.) на всех вариантах опыта по двум несмежным повторностям.

В фазу полной спелости озимой пшеницы проводили отбор сноповых образцов для проведения структурного анализа урожая по методике Госсортсети (1989). Уборку и учет урожая проводили поделочно, методом сплошной уборки учетной делянки комбайном «Сампо-500». Полученную массу зерна с делянки взвешивали на весах с точностью до ± 50 г с последующим пересчетом на стандартную влажность (14%) и 100% чистоту.

Лабораторно-аналитические исследования проводили по общепринятым методикам в Центре коллективного пользования научным и приборным оборудованием при Брянском ГАУ. В почве опытного участка перед закладкой опыта по методикам, принятым в агрохимической службе, определяли содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91), pH_{KCl} ионометрически (ГОСТ 24483-85), гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-91); подвижный P_2O_5 и обменный K_2O определяли из одной вытяжки по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91).

Анализ качества зерна проводили по стандартным методам: отбор проб, выделение навесок для определения качества – ГОСТ 13586.3-83, общий азот – индофенольным методом (ГОСТ 13496.4-93), сырой белок - пересчетом $Нобш \times 5,7$. Сырая клейковина – ГОСТ 13586.1-68; нитраты – ГОСТ 13496.19-2015; натуру зерна определяли по ГОСТ 10840-64, стекловидность – ГОСТ

10987-76, масса 1000 зерен – ГОСТ 10842-89. Удельная активность ^{137}Cs в зерне определяли, используя измерительный комплекс УСК «Гамма плюс» с программным обеспечением «Прогресс-2000» в геометрии «Маринелли».

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Изменение элементов структуры урожая в зависимости от применяемых средств химизации

Известно (Couvreur, 1985), что в современных системах возделывания зерновых культур формирование оптимальной плотности продуктивного стеблестоя – ключевой фактор, поскольку уровень урожайности на 50% определяется плотностью продуктивного стеблестоя, на 25% - от числа зерен в колосе и на 25% - от массы 1000 зерен. Определено, что для условий средней полосы России оптимальная плотность продуктивного стеблестоя у озимой пшеницы варьирует в пределах 400-800 колосьев на 1 м^2 (Фолтин, 1978).

Густота продуктивного стеблестоя определяется полевой всхожестью, перезимовкой, весенне-летней и общей выживаемостью, а также продуктивной кустистостью растений (Князев и др., 2003).

Количество продуктивных стеблей и продуктивную кустистость определяет уровень обеспеченности растений элементами минерального питания, где азоту принадлежит особая роль.

В наших исследованиях применение полного минерального удобрения с последовательно возрастающими дозами калия в среднем способствовало повышению показателей структуры урожая в сравнении с контролем, при достижении относительно более высоких значений показателей на варианте $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ (табл. 1).

Количество продуктивных стеблей на этом варианте относительно контроля возросло на 102 шт./ м^2 (25,1%), продуктивная кустистость увеличилась на 0,15 ед. (10,8%), число зерен в колосе увеличилось на 6 шт. (15%), масса зерна с 1 колоса повысилась на 0,402 (22,2%), масса 1000 зерен увеличилась на 2,9 г (11,2%). Обработка вегетирующих растений озимой пшеницы гуминовым препаратом (контроль + Гумистим) способствовала повышению показателей структуры урожая в сравнении с контролем. Число продуктивных стеблей от обработки Гумистимом увеличивалось на 13 шт./ м^2 (4,1%), продуктивная кустистость возрастала на 0,02 ед. (1,6%), число зерен в колосе увеличивалось на 1 (2,9%), масса зерна с 1 колоса повышалась на 0,05 г (3,4%). Обработка посевов озимой пшеницы биопрепаратом Гумистим на фоне применения $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ (фон I), а также при внесении последовательно возрастающих доз в составе $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ способствовала улучшению показателей структуры, при достижении максимума на варианте $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ + Гумистим.

Таблица 1. Изменение элементов структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от применяемых средств химизации (среднее за 2016-2018 гг.)

Вариант		Элементы структуры урожая					
		весенне-летняя выживаемость, %	продуктивный стеблестой, шт./м ²	продуктивная кустистость, шт./раст.	длина колоса, см	число зерен в колосе, шт.	масса зерна одного колоса, г
1	Контроль	80	303	1,24	6,53	33	1,40
2	N ₉₀ P ₆₀ – фон I	83	351	1,30	6,88	36	1,60
3	Фон I+K ₆₀	84	348	1,34	6,97	37	1,70
4	Фон I+K ₉₀	85	385	1,36	7,24	39	1,75
5	Фон I+K ₁₂₀	86	405	1,39	7,31	40	1,80
6	Контроль+ Гумистим	81	316	1,26	6,69	35	1,45
7	Фон I + Гумистим	84	359	1,31	7,06	37	1,68
8	Фон I+K ₆₀ + Гумистим	84	393	1,38	7,15	38	1,73
9	Фон I+K ₉₀ + Гумистим	86	404	1,39	7,32	40	1,79
10	Фон I+K ₁₂₀ + Гумистим	87	417	1,40	7,45	40	1,86
11	N ₁₂₀ P ₉₀ – фон II	85	399	1,39	7,50	37	1,70
12	Фон II+K ₉₀	86	416	1,40	7,53	43	1,90
13	Фон II+K ₁₂₀	87	424	1,40	7,46	43	2,00
14	Фон II+K ₁₅₀	87	432	1,41	7,68	44	2,10
15	Фон II + Гумистим	86	412	1,40	7,72	38	1,82
16	Фон II+K ₉₀ + Гумистим	88	429	1,41	8,68	45	2,16
17	Фон II+K ₁₂₀ + Гумистим	88	444	1,44	8,74	45	2,21
18	Фон II+K ₁₅₀ + Гумистим	86	445	1,44	7,47	46	2,28
В среднем по опыту		85	393	1,37	7,39	40	1,83

НСР₀₅факт. А (Гумистим)

1,3

9,1

0,019

НСР₀₅факт. В, АВ (удобрения)

2,7

19,3

0,040

Такая же тенденция в действии удобрений на изменение показателей структуры урожая озимой пшеницы отмечена при увеличении дозы азотно-фосфорного удобрения до N₁₂₀P₉₀ (фон II). При этом показатели структуры возростали не только по отношению к контрольному варианту, но и относительно фона I. Внесение возрастающих доз в дозах 90, 120 и 150 кг/га д.в. на фоне применения N₁₂₀P₉₀ (фон II) приводило к увеличению элементов структуры урожая озимой пшеницы, как относительно контрольного варианта, так и в сравнении с фоном I, при наибольшем их значении на варианте N₁₂₀P₉₀K₁₅₀.

Обработка посевов пшеницы биопрепаратом Гумистим на варианте N₁₂₀P₉₀ (фон II), а также при внесении на этом фоне последовательно возрастающих доз калия (K₉₀, K₁₂₀, K₁₅₀) обеспечило повышение значений элементов структуры урожая озимой пшеницы, при достижении максимальных значений на варианте N₁₂₀P₉₀K₁₅₀ + Гумистим, при весенне-летней выживаемости равной 88%, величине продуктивного стеблестоя 445 шт/м², продуктивной кустистости равной 1,44 ед., числе зерен в колосе 46 шт. и массе зерна с 1 колоса равной 2,82 г. Соответственно увеличивалась длина колоса.

3.2. Влияние комплексного применения средств химизации на урожайность зерна озимой пшеницы

Погодные условия в годы проведения исследований оказали заметное влияние на формирование урожайности зерна озимой пшеницы. Наименьший уровень урожайности зерна озимой пшеницы в среднем по опыту 3,58 т/га формировался в 2017 году (табл. 2). В среднем за три года проведения исследований урожайность зерна озимой пшеницы по вариантам опыта варьировала от 2,33 т/га (контроль) до 5,09 т/га в варианте фон II + K₁₅₀ в комплексе с препаратом Гумистим.

Таблица 2. Влияние средств химизации на урожайность зерна озимой пшеницы, т/га

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка, т/га			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее	от удобрений	от Гумистима	от удобрений и Гумистима	
1	Контроль	2,45	2,01	2,54	2,33	-	-	-
2	N ₉₀ P ₆₀ – фон I	3,20	2,52	3,34	3,02	0,68	-	-
3	Фон I+K ₆₀	3,23	2,89	3,84	3,32	0,98	-	-
4	Фон I+K ₉₀	3,25	3,08	4,24	3,53	1,19	-	-
5	Фон I+K ₁₂₀	3,56	3,30	4,56	3,81	1,47	-	-
6	Контроль+ Гумистим	2,58	2,17	2,87	2,54	-	0,21	-
7	Фон I + Гумистим	3,52	2,86	3,74	3,37	-	0,35	1,04
8	Фон I+K ₆₀ + Гумистим	3,66	3,28	4,03	3,66	-	0,34	1,32
9	Фон I+K ₉₀ + Гумистим	3,82	3,63	4,46	3,97	-	0,44	1,64
10	Фон I+K ₁₂₀ + Гумистим	4,17	3,86	4,69	4,24	-	0,43	1,91
11	N ₁₂₀ P ₉₀ – фон II	3,59	3,63	3,70	3,64	1,31	-	-
12	Фон II+K ₉₀	3,72	3,83	3,75	3,77	1,43	-	-
13	Фон II+K ₁₂₀	3,80	4,21	3,98	4,00	1,66	-	-
14	Фон II+K ₁₅₀	3,42	4,53	4,41	4,12	1,78	-	-
15	Фон II + Гумистим	3,78	3,83	3,91	3,84	-	0,20	1,50
16	Фон II+K ₉₀ + Гумистим	4,15	4,26	4,19	4,20	-	0,43	1,87
17	Фон II+K ₁₂₀ + Гумистим	4,60	4,93	4,72	4,75	-	0,76	2,42
18	Фон II+K ₁₅₀ + Гумистим	4,80	5,54	4,93	5,09	-	0,97	2,76
В среднем по опыту		3,63	3,58	3,99		-	-	-

НСР₀₅факт. А (Гумистим)

0,16 0,04 0,11

НСР₀₅факт. В, АВ (удобрения)

0,34 0,09 0,24

Внесение азотно-фосфорного удобрения N₉₀P₆₀ – фон I обеспечило повышение урожайности озимой пшеницы в сравнении с контролем на 0,68 т/га, а дополнительное внесение калийного удобрения в возрастающих дозах 60, 90 и 120 кг/га д.в. на азотно-фосфорном фоне повышало урожайность зерна озимой пшеницы в сравнении с фоном I в 1,07-1,27 раза, при этом увеличение урожайности зерна относительно контроля было в 1,43-1,64 раза или на 42,5-63,5%.

Обработка растений озимой пшеницы биопрепаратом Гумистим способствовала повышению урожайности озимой пшеницы, включая контроль без удобрений и фон I (N₉₀P₆₀) с последовательно возрастающими дозами калия

(K_{60} , K_{90} и K_{120}). При этом прибавки урожая зерна озимой пшеницы от применения гуминового удобрения составили от 0,21 до 0,44 т/га или 9,02-19,3%. Повышение дозы азотно-фосфорного удобрения до $N_{120}P_{90}$ (фон II) способствовало повышению урожайности зерна озимой пшеницы по сравнению с дозой $N_{90}P_{60}$ (фон I) на 0,62 т/га или в 1,21 раза. Внесение калийного удобрения в дополнение к азотно-фосфорному $N_{120}P_{90}$ (фон II) в последовательно возрастающих дозах 90, 120 и 150 кг/га д.в. способствовало повышению урожайности зерна озимой пшеницы относительно фона II в среднем на 0,13-0,48 т/га, а в сравнении с контрольным вариантом на 1,43+1,78 т/га или на 68,8-76,8%. Обработка посевов озимой пшеницы гуминовым препаратом на фоне применения азотно-фосфорного удобрения $N_{120}P_{90}$ (фон II) повышало урожайность зерна озимой пшеницы в сравнении с фоном II в среднем на 0,20 т/га (5,5%), а прибавки урожая зерна озимой пшеницы от Гумистима на вариантах с возрастающими дозами калия в составе $N_{120}P_{90}$ (фон II) варьировали в среднем от 0,43 до 0,97 т/га. Применение азотно-фосфорного удобрения $N_{120}P_{90}$ (фон II) с внесением на его фоне последовательно возрастающих доз калия (K_{90} , K_{120} и K_{150}) совместно с гуминовым препаратом Гумистим (вар. 16, 17, 18) способствовало повышению урожайности зерна от 4,20 до 5,09 т/га. Прибавки урожая зерна от комплексного применения удобрений и биопрепарата Гумистим составляли от 1,50 до 2,76 т/га или от 64,8 до 118,5%.

Таким образом, в среднем за годы исследований максимальная урожайность зерна озимой пшеницы формировалась при применении полного минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{90}K_{150}$ в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

ГЛАВА 4. КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

4.1. Изменение физико-химических показателей качества зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых средств химизации

Физико-химические показатели зерна озимой пшеницы в значительной степени определялись влиянием применяемых средств химизации.

В наших исследованиях натура зерна по вариантам опыта в среднем составляла 715-766 г/л (табл. 3). Установлено, что применяемые системы удобрения как отдельно, так и в комплексе с гуминовым препаратом, способствовали повышению массы 1000 зерен, которая изменялась по вариантам опыта от 32,7 до 40,9 г. Стекловидность зерна в среднем в зависимости от уровня интенсификации применяемых средств химизации изменялась от 51 до 58% при наиболее высоком значении на варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим. Тоже самое можно отметить и по отношению к изменению массовой доли клейковины.

Таблица 3. Влияние средств химизации на физико-химические показатели качества зерна озимой пшеницы (среднее за 2016-2018 гг.)

Варианты		Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Массовая доля клейковины, %	Число падения, с	Высота амилограммы, е.а.
1	Контроль	715	32,7	51	24,8	244	266
2	N ₉₀ P ₆₀ – фон I	723	33,6	52	25,1	261	272
3	Фон I+K ₆₀	731	34,1	53	25,3	267	276
4	Фон I+K ₉₀	733	35,0	53	25,5	264	281
5	Фон I+K ₁₂₀	740	35,3	54	25,8	260	288
6	Контроль+ Гумистим	724	33,6	53	25,3	251	279
7	Фон I + Гумистим	735	36,1	54	25,6	264	337
8	Фон I+K ₆₀ + Гумистим	742	37,0	54	25,7	273	342
9	Фон I+K ₉₀ + Гумистим	746	37,3	55	26,1	272	348
10	Фон I+K ₁₂₀ + Гумистим	749	37,6	56	26,4	268	351
11	N ₁₂₀ P ₉₀ – фон II	742	36,4	54	26,7	273	292
12	Фон II+K ₉₀	749	36,8	55	26,8	273	298
13	Фон II+K ₁₂₀	755	37,0	55	26,9	265	308
14	Фон II+K ₁₅₀	758	37,2	56	27,7	262	313
15	Фон II + Гумистим	756	38,6	54	26,8	278	352
16	Фон II+K ₉₀ + Гумистим	761	39,7	56	27,0	277	385
17	Фон II+K ₁₂₀ + Гумистим	764	40,1	57	27,2	277	418
18	Фон II+K ₁₅₀ + Гумистим	766	40,7	58	27,6	276	443
НСР _{0,5} факт. А (Гумистим)		2,2	2,5	0,41	0,25	1,54	
НСР _{0,5} факт. В, АВ (удобрения)		4,6	3,1	0,86	0,52	3,27	

Наиболее высокое содержание массовой доли клейковины в наших исследованиях отмечено в 2017 году. В среднем за годы опытов содержание клейковины по вариантам изменялось от 24,8 до 27,6%. При внесении азотно-фосфорного удобрения N₉₀P₆₀ (фон I) и обработке растений биопрепаратом Гумистим отмечено повышение содержания массовой доли клейковины в зерне в сравнении с вариантом контроль + Гумистим в среднем на 0,8%, а при добавлении калийных удобрений в последовательно возрастающих дозах 60, 90, 120 кг/га д.в. к азотно-фосфорному удобрению N₉₀P₆₀ (фон I) в сочетании с обработкой посевов гуминовым биопрепаратом содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы в сравнении с фоном I повышалось на 0,4-0,5%. Возрастающие дозы калия от 90 до 150 кг/га д.в. в составе азотно-фосфорного удобрения N₁₂₀P₉₀ (фон II) в сочетании с обработкой растений биопрепаратом Гумистим способствовало повышению содержания сырой клейковины в зерне озимой пшеницы относительно вариантов без обработки растений гуминовым биопрепаратом (вар. 12, 13, 14) в среднем на 0,2%. Самое высокое содержание массовой доли клейковины в зерне озимой пшеницы отмечено при применении полного минерального удобрения N₁₂₀P₉₀K₁₅₀ в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

Применение минеральных удобрений как отдельно, так и в комплексе с гуминовым биопрепаратом, влияло на изменение такого показателя качества

зерна как «число падения». Активность амилолитических ферментов, выраженная через показатель «высота амилограммы», называют силой муки – то есть ее способностью при хлебопечении давать формоустойчивый хлеб большого объема с хорошим мякишем (Тагиров и др., 2014). Чем ниже активность амилолитических ферментов, тем выше число падения.

В среднем за годы исследований число падения по вариантам опыта варьировало в пределах 244-276 секунд. Применение последовательно увеличивающихся доз калия как в составе $N_{90}P_{60}$ (фон I), так и в составе $N_{120}P_{90}$ (фон II) способствовало уменьшению числа падения. Следует отметить, что высота амилограммы повышалась под влиянием применяемых систем удобрения.

4.2. Содержание азотсодержащих соединений в зерне озимой пшеницы в зависимости от применяемых средств химизации

В среднем за годы исследований содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта изменялось от 11,5 до 13,5% (рис. 2).

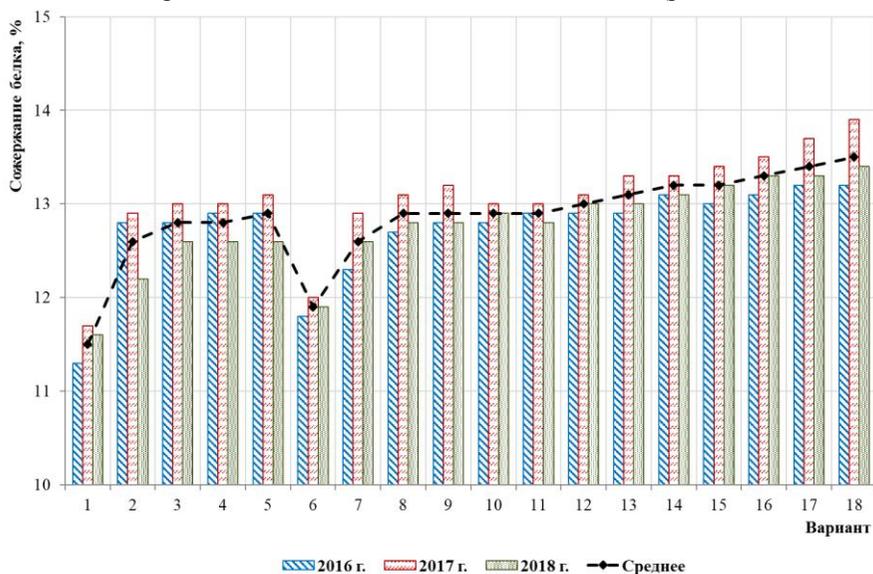


Рисунок 2 – Содержание и сбор сырого белка урожай зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых средств химизации (2016-2018 гг.)

Применение азотно-фосфорного удобрения в дозах $N_{90}P_{60}$ и $N_{120}P_{90}$ способствовало повышению белковости зерна озимой пшеницы в сравнении с контролем на 1,1-1,4%. Внесение возрастающих доз калия в составе $N_{90}P_{60}$ способствовало повышению белковости зерна в сравнении с контролем на 1,3-1,4%, а применение возрастающих доз калия на фоне внесения $N_{120}P_{90}$ способствовало повышению содержания белка в зерне на 1,5-1,7% в сравнении с контролем. При комплексном применении средств химизации отмечено повышение урожайности зерна озимой пшеницы и, как следствие, повышение содержания и

сбора сырого белка с единицы площади посева. Наиболее высокое содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы и сбор его с 1 га посева получен при комплексном применении средств химизации (вар. 16, 17, 18).

4.3. Аминокислотный состав зерна озимой пшеницы в зависимости от средств химизации

Одним из важнейших и наиболее значимых качественных показателей зерна хлебных злаков является аминокислотный состав белкового комплекса, определяющий его биологическую ценность (Козьмина и др., 2006). Результаты наших исследований показали, что содержание аминокислот в зерне определялось влиянием применяемых средств химизации (табл. 4).

Таблица 4. Аминокислотный состав зерна озимой пшеницы в зависимости от системы удобрения (г/100г зерна) (2016-2018 гг.)

Аминокислоты	Варианты			
	Контроль	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + Гумистим
Незаменимые				
Валин (Val)	2,358	1,784	1,853	2,366
Гистидин (His)	0,783	0,748	0,762	0,796
Метионин (Met)	0,468	0,472	0,586	0,764
Лейцин (Leu) + Изолейцин (Ile)	0,366	0,678	0,686	0,723
Лизин (Lys)	0,476	0,364	0,359	0,481
Треонин (Thr)	1,653	2,346	2,281	2,389
Триптофан (Trp)	1,184	1,698	1,837	2,374
Фенилаланин (Phe)	0,436	0,562	0,446	0,576
Сумма незаменимых аминокислот	7,724	8,652	8,810	10,469
Остальные				
Аргинин (Arg)	1,310	2,843	2,938	2,733
Аланин (Ala)	2,118	2,262	2,712	2,258
Аспарагин (Asp)	0,321	0,356	0,423	0,418
Глицин (Gly)	0,586	0,518	0,328	0,589
Глутаминовая кислота (Glu)	0,203	0,245	0,315	0,320
Пролин (Pro)	0,487	0,423	0,576	0,612
Серин (Ser)	0,952	0,864	0,917	0,828
Тирозин (Tyr)	0,442	0,648	0,660	0,674
Цистин (Cys)	0,276	0,354	0,466	0,542
Общая сумма аминокислот	14,419	17,165	18,145	19,443

Применяемые удобрения способствовали увеличению общего содержания аминокислот в зерне, в том числе отмечено увеличение суммы незаменимых аминокислот. Применение гуминового биопрепарата в комплексе с полным минеральным удобрением N₁₂₀P₉₀K₁₅₀ способствовало повышению суммы всех аминокислот, включая и незаменимые.

Аминокислотный состав зерна озимой пшеницы различался по его составу. Так, среди свободных аминокислот явное преобладание было за аргинином (1,310-2,733 г/100 г) и аланином (2,118-2,258 г/100 г). В составе незаменимых аминокислот наибольшим содержанием в зерне выделялись следующие аминокислоты по возрастающей: гистидин – 0,783-0,796, триптофан –

1,184-2,374, тренин – 1,653-2,389, валин – 2,358-2,366 г/100 г зерна. Наиболее высокая сумма аминокислот в наших исследованиях получена при возделывании озимой пшеницы с применением полного минерального удобрения $N_{120}P_{90}K_{150}$ в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

4.3.1. Изменение химического состава зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых средств химизации

Качество зерна хлебных злаков в значительной степени определяется такими показателями его химического состава как углеводы (крахмал), зола, клетчатка, жир.

Нашими исследованиями установлено, что зольность зерна озимой пшеницы в контрольном варианте в среднем составляла 1,45% (табл. 5). Увеличиваясь под влиянием систем удобрения до 2,10% в варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$. Обработка посевов озимой пшеницы биопрепаратом Гумистим способствовала повышению зольности зерна озимой пшеницы относительно контроля на 0,9%. Применение гуминового биопрепарата повышало содержание золы в зерне озимой пшеницы также на фоне систем удобрения в сравнении с контролем на 0,43-1,40%, а относительно вариантов с комплексным применением на 0,2-0,75%, при максимальном значении в варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим.

Таблица 5. Изменение показателей химического состава зерна озимой пшеницы, % (2016-2018 гг.)

Вариант	Содержание, %				Отношение крахмал/белок
	Зола	Клетчатка	Жир	Крахмал	
Контроль	1,45	2,91	1,36	46,5	4,04
$N_{120}P_{90}$ – фон	1,86	4	1,43	50,6	4,1
Фон + K_{90}	1,94	4,06	1,45	56,3	4,3
Фон + K_{120}	2,02	4,3	1,47	57,1	4,3
Фон + K_{150}	2,1	4,47	1,49	57,6	4,3
Контроль + Гумистим	1,54	3,63	1,36	48,4	4,1
Фон + Гумистим	1,88	4,09	1,48	57,8	4,4
Фон + K_{90} + Гумистим	2,12	4,53	1,51	59,4	4,4
Фон + K_{120} + Гумистим	2,24	4,63	1,54	59,9	4,5
Фон + K_{150} + Гумистим	2,85	4,69	1,58	61,8	4,6

Содержание клетчатки в зерне озимой пшеницы в среднем по вариантам опыта изменялось от 2,91 до 4,4%. Под влиянием применения азотно-фосфорного удобрения ($N_{120}P_{90}$) содержание клетчатки в зерне повышалось до 4,00%, возрастающие дозы калия K_{90} , K_{120} и K_{150} повышали содержание клетчатки по сравнению с контролем на 1,15, 1,39 и 1,56% соответственно. Обработка посевов озимой пшеницы биопрепаратом Гумистим способствовала повышению содержания клетчатки в зерне (контроль + Гумистим) относительно чистого контроля на 0,72%, а при комплексном применении средств химизации содержания клетчатки в зерне по сравнению с контролем повышалось на 1,18-1,78% при максимуме содержания в варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим.

Содержание жира в зерне озимой пшеницы в среднем за годы проведения опытов на контрольном варианте составляло 1,36%, повышаясь под влиянием

средств химизации и достигая максимального значения 1,58% при комплексном применении средств химизации (вариант $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим).

В наших исследованиях содержание крахмала в зерне озимой пшеницы в среднем на контрольном варианте составляло 46,5%. От применения азотно-фосфорного удобрения $N_{120}P_{90}$ крахмалистость зерна повышалась в среднем на 4,1% относительно контрольного варианта. Внесение возрастающих доз калия от 90 до 150 кг/га в составе $N_{120}P_{90}$ повышало содержание крахмала на 1,4-3,5%. Применение гуминового биопрепарата крахмалистость зерна повышалась в среднем на 1,6%, а при обработке озимой пшеницы биопрепаратом в комплексе с системами удобрений разной степени насыщенности отмечено повышение крахмалистости зерна озимой пшеницы при максимальном его содержании 55,8% в варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим. Установлено, что повышение белковости сопровождалось повышением крахмалистости, вследствие этого величина соотношения крахмал/белок приближалось к оптимальному значению 4,6-5,2 (Толстоусов, 1987), составляя в наших исследованиях 4,4-4,6.

4.4. Влияние средств химизации на концентрацию остаточных нитратов в зерне озимой пшеницы

Нитраты, являясь одним из основных элементов питания растений, содержащих азот, при избыточном их накоплении в растениях способствуют ухудшению биологического качества растениеводческой продукции.

В наших опытах в среднем содержание нитратов в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта изменялось от 38 до 57 мг/кг (ПДК – 93 мг/кг) при наиболее высокой концентрации на варианте с внесением высокой дозы азота в составе $N_{120}P_{90}$ (фон II) (рис. 3).

При внесении последовательно возрастающих доз калия как в составе $N_{90}P_{60}$ (фон I), так и в составе $N_{120}P_{90}$ (фон II) приводила к оптимизации минерального питания озимой пшеницы, что обуславливало нормализацию протекания процессов синтеза в растениях озимой пшеницы и более полное вовлечение нитратного азота в реакции обмена веществ (Козьмина и др., 2006). Действие гуминового биопрепарата на содержание нитратов не проявилось.

4.5. Влияние средств химизации на изменение удельной активности ^{137}Cs в урожае зерна озимой пшеницы

Проведенными исследованиями установлено, что в среднем удельная активность ^{137}Cs на контрольном варианте была относительно невысокой и составляла 16,20 Бк/кг (норматив 60 Бк/кг), уменьшаясь под влиянием возрастающих доз калийного удобрения как по отношению к контролю, так и по отношению к азотно-фосфорному удобрению $N_{90}P_{60}$ (фон I) и $N_{120}P_{90}$ (фон II) (рис. 4). Кратность снижения на этих вариантах в сравнении с контролем составляла 1,67-2,60 раза.

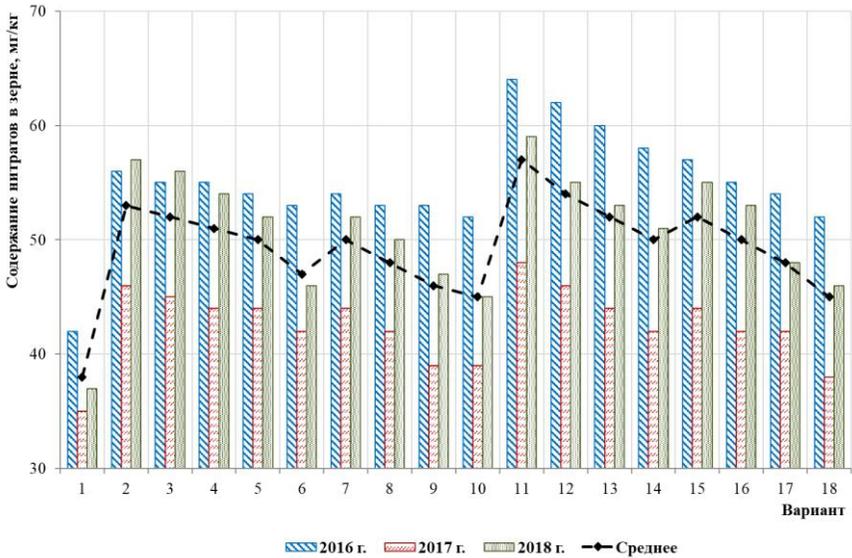


Рисунок 3 – Содержание нитратов в зерне озимой пшеницы в зависимости от применяемых средств химизации (2016-2018 гг.)

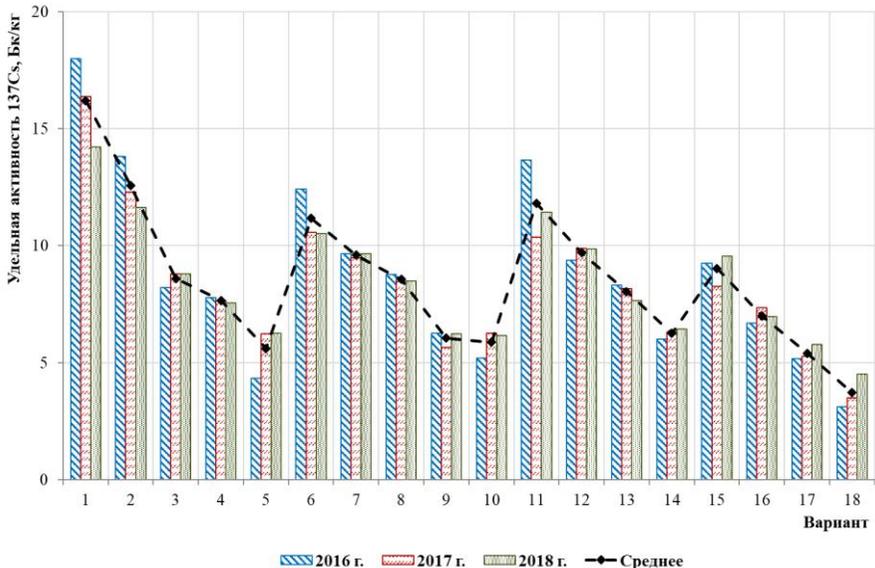


Рисунок 4 - Влияние средств химизации на удельную активность ^{137}Cs в зерне озимой пшеницы (2016-2018 гг.)

При обработке растений озимой пшеницы биопрепаратом Гумистим отмечено уменьшение удельной активности ^{137}Cs в зерне озимой пшеницы от-

носителем контроля в 1,45 раза, а при обработке посевов гуминовым препаратом в сочетании с системами удобрения разной степени насыщенности удельная активность ^{137}Cs в зерне озимой пшеницы уменьшалась в зависимости от дозы калия в составе $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ (фон I) в 1,69-2,76 раза, а в составе $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$ (фон II) в 1,80-4,37 раза.

Таким образом наименьшее значение удельной активности ^{137}Cs – 3,71 Бк/кг отмечено при комплексном применении средств химизации на варианте с максимальным уровнем урожайности $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$ + Гумистим. В целом зерно озимой пшеницы по уровню удельной активности в нем ^{137}Cs ниже действующего норматива в 3,7-16,7 раза и пригодно для использования на производственных цели без ограничений.

4.6. Влияние средств химизации на концентрацию токсичных элементов в зерне озимой пшеницы

Проведенными исследованиями установлено, что содержание меди в зерне озимой пшеницы по изучаемым вариантам было на уровне 4,08-7,72 мг/кг, при содержании на контрольном варианте 6,04 мг/кг (табл. 6). Следует отметить, что с увеличением доз калия в составе полного минерального удобрения NPK содержание меди в зерне снижалось. Обработка растений пшеницы гуминовым биопрепаратом способствовала снижению содержания меди в зерне озимой пшеницы. В целом содержание меди в зерне озимой пшеницы в среднем за годы исследований было ниже ПДК.

Таблица 6. Влияние средств химизации на содержание токсичных веществ в зерне озимой пшеницы (2016-2018 гг.)

Варианты		Содержание, мг/кг						
		Cu	Pb	Zn	Cd	As	Hg	Co
1	Контроль	6,04	0,12	18,60	<0,1	0,1	0,011	<0,006
2	$\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ – фон I	6,29	0,17	17,30	<0,1	0,03	0,009	<0,006
3	Фон I+K ₆₀	6,22	0,17	16,93	<0,1	0,04	0,008	<0,006
4	Фон I+K ₉₀	4,44	0,14	16,39	<0,1	0,04	0,009	<0,006
5	Фон I+K ₁₂₀	5,45	0,16	17,18	<0,1	0,06	0,009	<0,006
6	Контроль+ Гумистим	5,21	0,10	16,21	<0,1	0,03	0,009	<0,006
7	Фон I + Гумистим	5,42	0,15	15,33	<0,1	0,03	0,008	<0,006
8	Фон I+K ₆₀ + Гумистим	6,18	0,15	14,28	<0,1	0,03	0,008	<0,006
9	Фон I+K ₉₀ + Гумистим	4,22	0,12	14,06	<0,1	0,03	0,008	<0,006
10	Фон I+K ₁₂₀ + Гумистим	4,39	0,10	13,18	<0,1	0,03	0,008	<0,006
11	$\text{N}_{120}\text{P}_{90}$ – фон II	4,74	0,18	16,21	<0,1	0,06	0,008	<0,006
12	Фон II+K ₉₀	6,46	0,18	16,83	<0,1	0,06	0,007	<0,006
13	Фон II+K ₁₂₀	4,69	0,15	16,80	<0,1	0,03	0,007	<0,006
14	Фон II+K ₁₅₀	4,31	0,15	12,19	<0,1	0,03	0,007	<0,006
15	Фон II + Гумистим	4,36	0,14	14,18	<0,1	0,04	0,006	<0,006
16	Фон II+K ₉₀ + Гумистим	4,88	0,13	14,03	<0,1	0,03	0,006	<0,006
17	Фон II+K ₁₂₀ + Гумистим	4,36	0,12	13,22	<0,1	0,03	0,005	<0,006
18	Фон II+K ₁₅₀ + Гумистим	4,08	0,10	12,16	<0,1	0,02	0,005	<0,006
ПДК, мг/кг		10	0,5	50	0,1	0,2	0,03	0,3

Содержание свинца в зерне озимой пшеницы имело тенденцию к увеличению под влиянием применяемых удобрений. Применение гуминового препарата

Гумистим уменьшало содержание свинца в зерне озимой пшеницы. В среднем за годы исследований содержание свинца в зерне озимой пшеницы изменялось по вариантам опыта от 0,10 до 0,18 мг/кг, что в 5,0-2,8 раза ниже ПДК.

Содержание цинка в зерне злаковых растений обычно не превышает 4,9 мг/кг (Черных, 1995). В наших исследованиях содержание цинка по изучаемым вариантам опыта изменялось от 18,60 (контроль) до 12,16 в варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим. Максимальное накопление цинка в зерне озимой пшеницы отмечено в вариантах с внесением полного минерального удобрения $N_{90}P_{60}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{150}$. Применение возрастающих доз калия как на фоне I ($N_{90}P_{60}$), так и на фоне II ($N_{120}P_{90}$) уменьшило накопление цинка в зерне озимой пшеницы. Обработка растений гуминовым биопрепаратом снижало поступление цинка в урожай зерна озимой пшеницы.

Содержание кадмия в зерне озимой пшеницы по изучаемым системам удобрения в среднем было ниже ПДК.

Концентрация мышьяка, ртути и кобальта в зерне озимой пшеницы по изучаемым вариантам опыта не превышала ПДК, но следует отметить, что калийные удобрения в возрастающих дозах в составе NPK повышали содержание мышьяка и ртути в зерне, а обработка растений гуминовым биопрепаратом наоборот уменьшала концентрацию этих элементов в зерне, что вполне вероятно связано с ростовым разбавлением их концентрации в связи с повышением урожая зерна озимой пшеницы на этих вариантах.

ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Как правило, увеличение урожайности сопровождается снижением себестоимости единицы продукции, уровня производственных затрат и повышением уровня рентабельности производства.

В наших исследованиях урожайность зерна озимой пшеницы значительно повышалась под влиянием средств химизации по сравнению с контролем при снижении себестоимости единицы продукции с достижением минимального показателя 301,4 руб. при наибольшей урожайности зерна 5,09 т/га на варианте с комплексным применением средств химизации ($N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим). Этому варианту соответствуют производственные затраты на 1 га в размере 43220 рублей, условно чистый доход 4500 рублей при уровне рентабельности производства 101%.

Следовательно, экономически выгодно при возделывании озимой пшеницы сорта Московская-39 применять полное минеральное удобрение $N_{120}P_{90}K_{150}$ в комплексе с обработкой посевов озимой пшеницы биопрепаратом Гумистим из расчета 6 л/га в фазу весеннего кушения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования на дерновой среднеподзолистой легкосуглинистой радиоактивно загрязненной почве позволяют сделать выводы о нижеследующем:

1. В среднем за годы исследований наиболее высокая урожайность зерна озимой пшеницы Московская-39 5,09 т/га формировался при внесении полного минерального удобрения $N_{120}P_{90}K_{150}$ в комплексе с биопрепаратом Гумистим ($N_{30}P_{90}K_{30}$ до посева с осени + $N_{60}K_{90}$ – весеннее возобновление вегетации + $N_{30}K_{30}$ – выход в трубку), в фазу кущения весной – внекорневая подкормка биопрепаратом Гумистим из расчета 6 л/га.

Данный фон минерального питания способствовал формированию продуктивного стеблестоя 445 шт./м² с продуктивной кустистостью 1,37 шт./раст. На этом варианте весенне-летняя выживаемость была наиболее высокой, составляя 86%, длина колоса достигала 7,47 см, число зерен в колосе – 46 штук, масса зерна с одного колоса – 2,28 г, масса 1000 зерен – 40,7 г.

2. Белковость зерна озимой пшеницы определялась метеорологическими условиями вегетационных периодов и влиянием доз азотных удобрений в составе НРК. В среднем за годы опытов содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта изменялось в пределах 11,5-13,5%, при максимальной величине его сбора 0,687 т/га в варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим.

Аминокислотный состав зерна озимой пшеницы определялся уровнем минерального питания. Более лучшие показатели аминокислотного состава белкового комплекса зерна озимой пшеницы по содержанию как общего количества, так и незаменимых аминокислот, отмечены в оптимальном по удобренности варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ в комплексе с биопрепаратом Гумистим.

3. В условиях проводимого эксперимента натурная масса зерна в среднем была относительно высокой и по изучаемым вариантам опыта изменялась от 715 до 766 г/л. Этот показатель определялся массой 1000 зерен, которая по вариантам опыта изменялась от 32,7 г (контроль) до 40,9 г (вариант $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим).

Стекловидность зерна в наших исследованиях определялась погодными условиями и влиянием средств химизации. Более стекловидное зерно формировалось в 2016 и 2018 годах. В среднем за годы опытов стекловидность зерна в зависимости от уровня насыщенности средств химизации изменялась в пределах 51-58% при наибольшем ее значении в варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим.

Массовая доля клейковины в зерне озимой пшеницы изменялись в зависимости от фона минерального питания и условий увлажнения. В условиях дефицита почвенной влаги содержание клейковины в зерне озимой пшеницы снижалось. В наших исследованиях содержание клейковины в зерне озимой пшеницы в зависимости от фона удобренности варьировало в пределах 24,3-27,3%, при наиболее высоком ее содержании в варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим.

Число падения в среднем по вариантам опыта возрастало с 244 секунд (контроль), достигая максимума 276 секунд в варианте $N_{120}P_{90}K_{150}$ + Гумистим.

4. Применение систем удобрения как отдельно, так и в комплексе с гуминовым препаратом Гумистим, в среднем способствовало повышению содержания в зерне озимой пшеницы золы, клетчатки, жира и крахмала. Соотношение крахмал/белок в вариантах с применением биопрепарата Гумистим было близким к оптимуму и составило 4,5-4,6.

5. Концентрация остаточных нитратов в зерне озимой пшеницы, как при отдельном применении, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим в среднем повышалась по мере повышения уровня насыщенности применяемых средств химизации, но не превышало ПДК для зерновых культур (93 мг/кг).

6. Удельная активность ^{137}Cs в зерне озимой пшеницы под изучаемыми системами удобрения изменялась в среднем от 16,20 до 3,71 Бк/кг (норматив 60 Бк/кг). Комплексное применение минеральных удобрений с последовательно возрастающими дозами калия (90, 120, 150 кг/га д.в.) в комплексе с биопрепаратом Гумистим уменьшало удельную активность ^{137}Cs в зерне озимой пшеницы в 1,8-4,37 раза.

7. Применение средств химизации различной насыщенности в годы проведения опытов как при отдельном внесении, так и в комплексе с гуминовым биопрепаратом не способствовало токсическому накоплению тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы.

8. Расчет экономической эффективности показал, что при возделывании озимой пшеницы на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой радиоактивно загрязненной почве при средней урожайности 5,09 т/га на фоне внесения полного минерального удобрения $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$ в комплексе с биопрепаратом Гумистим себестоимость 1 т зерна составила 301,4 рубля, условно чистый доход 2725,5 тыс. рублей, при уровне рентабельности производства 182%.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В полевых севооборотах на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава в условиях радиоактивного загрязнения территории для получения высокой урожайности экологически чистого зерна озимой пшеницы порядка 5,0 т/га и более рекомендуем применять дозу минерального удобрения $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$ в комплексе с некорневой подкормкой биопрепаратом Гумистим в фазу весеннего кущения и расчета 6 л/га.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В дальнейшем планируется изучить эффективность применения биостимуляторов нового поколения Центрино и Фортигрейн зерновой в сравнении с препаратами Эпин-Экстра и Циркон на различных фонах минерального удобрения; провести исследования по влиянию применяемых средств химизации за ротацию севооборота на изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. Справцева Е.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от средств химизации в условиях радиоактивного загрязнения / Е.В. Справцева // Земледелие. 2016. № 6. С. 31-35.
2. **Справцева Е.В.**, Мимонов Р.В., Харкевич Л.П. Применение удобрений и биопрепарата Гумистим при возделывании озимой пшеницы в условиях радиоактивного загрязнения агроландшафтов // Агрехимический вестник. – 2017. – Т.3. – №3. – С.30-34.
3. Оценка эффективности средств химизации при возделывании озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве / **Е.В. Справцева**, Р.В. Мимонов, Н.М. Белоус, В.П. Косьянчук, В.Ф. Шаповалов // Агрехимический вестник. – 2019. – №2. – С.42-47.

Статьи в прочих изданиях

1. Справцева Е.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых средств химизации в условиях радиоактивного загрязнения / Е.В. Справцева // Материалы XIII междунар. научн. конф. «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Издательство БГАУ, 2016. Ч.2. С.193-200.
2. **Справцева Е.В.**, Мимонов Р.В. Агроэкологическая оценка применения средств химизации при возделывании озимой пшеницы в условиях радиоактивного загрязнения // Сборник материалов XIX Междунар. научн.-практ. конф. «Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков» / Под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2017. – С.25-32.
3. **Справцева Е.В.**, Мимонов Р.В. Сочетание биопрепарата Гумистим и систем удобрения при возделывании озимой пшеницы в условиях радиоактивного загрязнения почв // Материалы междунар. научн.-практ. конф. «Агрехимикаты в XXI веке». – Нижний Новгород: Издательство Нижегородская ГСХА, 2017. – С.276-280.
4. Справцева, Е.В. Оценка применения средств химизации при возделывании озимой пшеницы в условиях радиоактивного загрязнения / Е.В. Справцева // Материалы XIV междунар. научн. конф. «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Издательство БГАУ, 2017. С.117-122.
5. **Справцева Е.В.**, Мимонов Р.В. Влияние комплексного применения средств химизации на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях радиоактивного загрязнения // Материалы 51-й Междунар. научн. конф. «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства». – Москва ВНИИ агрохимии, 26 октября 2017 г. – С.92-96.
6. **Справцева Е.В.**, Мимонов Р.В., Шупиков И.Л. Влияние удобрений и биопрепарата Гумистим на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

при радиоактивном загрязнении почвы // Материалы научно-практ. конф. с междунар. участием «Научные стационары: реалии, научная проблематика и инновации». – Томск СибНИИСХиТ, 15 ноября 2017 г. – С.182-191.

7. Эффективность минеральных удобрений и регулятора роста в посевах озимой пшеницы при радиоактивном загрязнении почвы / Н.М. Белоус, Л.П. Харкевич, В.Ф. Шаповалов, **Е.В. Справцева** // Материалы национ. научно-практ. конференции «Проблемы экологизации сельского хозяйства и пути их решения». – Брянск, 09 ноября 2017 г. – С.33-37.

8. **Справцева Е.В.**, Мимонов Р.В., Шаповалов В.Ф. Агроэкологическая оценка применения средств химизации при возделывании озимой пшеницы в условиях радиоактивного загрязнения почвы // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №4 (68). – С.10-13.

9. **Справцева Е.В.**, Мимонов Р.В., Шаповалов В.Ф. Эффективность применения средств химизации при возделывании озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве // Материалы XV междунар. научн. конф. «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Издательство БГАУ, 2018. – С.71-76.

10. **Справцева Е.В.**, Мимонов Р.В., Шаповалов В.Ф. Сочетание биопрепарата Гумистим и систем удобрения при возделывании озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве // Материалы XVI междунар. научн. конф. «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Издательство БГАУ, 2019. – С.180-185.

11. Мимонов Р.В., **Справцева Е.В.**, Силаев А.Л. Влияние средств химизации на показатели качества зерна озимой пшеницы при радиоактивном загрязнении почвы // Материалы XVI междунар. научн. конф. «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: Издательство БГАУ, 2019. – С.151-156.

Соискатель

_____ Е. В. Справцева

Подписано к печати г. Формат 60x90/16

Усл. печ. л. – 1,0. Тираж – 100 экз. Изд. № .

Издательство ФГБОУ ВО Брянский ГАУ
243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а